Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 113 (1987)
Heft: 22

Artikel: Etanchéité des tunnels des routes nationales
Autor: Ruckstuhl, Fred
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76443

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Etanchéité des tunnels des routes nationales

par Fred Ruckstuhl, Berne

Au terme de plus de vingt ans d'expérience dans la construction moderne de tunnels routiers en Suisse, il est certainement utile de présenter une fois en détail les raisons qui fondent l'étanchement contre les venues d'eau et de porter un jugement qualitatif sur les méthodes appliquées. C'est ce que nous allons essayer de faire pour l'étanchement de la galerie de circulation des tunnels excavés en souterrain.

Pourquoi étancher une galerie de circulation ?

Les usagers d'un réseau routier de première catégorie, tel celui des routes nationales, s'attendent – à juste titre – à y trouver un grand confort de circulation et une sécurité accrue, et cela même aux vitesses autorisées, qui sont supérieures à celles admises sur les routes ordinaires. Les tunnels constituent cependant des tronçons sur lesquels les conséquences d'accidents et d'incendies peuvent être très graves. Mais la vitesse autorisée dans un tunnel ne peut être limitée à volonté : l'écoulement du trafic sur un tronçon donné subirait de trop fortes perturbations, d'où justement des accidents. D'autre part, les travaux d'entretien dans les tunnels occasionnent également, presque obligatoirement, des perturbations du trafic, créant ainsi un potentiel de danger accru tant pour les usagers que pour le personnel d'entretien.

L'étanchement d'une galerie de circulation dans un tunnel, pour empêcher la pénétration d'eau, doit par conséquent permettre de :

- éviter l'apparition de verglas sur la chaussée ;
- empêcher la formation de glace sur la chaussée et les trottoirs, ainsi qu'au faux-plafond et dans les gaines d'arrivée d'air frais ;
- exclure la formation, au plafond du tunnel, de stalactites de glace dont la chute pourrait mettre en péril les usagers ;
- empêcher que de l'eau ne tombe inopinément sur le pare-brise des véhicules, diminuant la visibilité du conducteur ;
- prévenir un encrassement progressif et permanent de la galerie de circulation, qui deviendrait de plus en plus sombre ; donc éviter une détérioration trop accentuée des conditions de luminosité dans le tunnel ;
- empêcher une dégradation rapide des éléments de construction et de toutes les installations électromécaniques et, subséquemment, éviter à long terme des travaux d'entretien qui entraveraient le trafic.

D'autre part, il va de soi que toute prolongation de la durée de vie d'un ouvrage se traduit par des avantages économiques évidents. A eux seuls, ils peuvent justifier d'importants investissements en vue d'étancher parfaitement un tunnel.

Tant pour le constructeur que pour l'exploitant de tunnels – comme, d'ailleurs, dans d'autres domaines de la construction routière – l'eau est le plus grand ennemi. Il faut cependant savoir que dans la galerie de circulation d'un tunnel, l'effet destructeur de l'eau – associé à celui des gaz d'échappement, du sel entraîné à l'intérieur du tunnel ainsi que de températures relativement élevées (+30°C dans le tunnel du Saint-Gothard par exemple) et d'un fort taux d'humidité – se manifeste d'une manière encore plus agressive que pour d'autres ouvrages d'art.

Méthodes d'étanchement dans une galerie de circulation

Voici maintenant une description, accompagnée d'une appréciation qualitative sur la base des expériences pratiques recueillies, de toutes les méthodes utilisées jusqu'à ce jour dans la construction des routes nationales suisses pour étancher la galerie de circulation de tunnels excavés en souterrain.

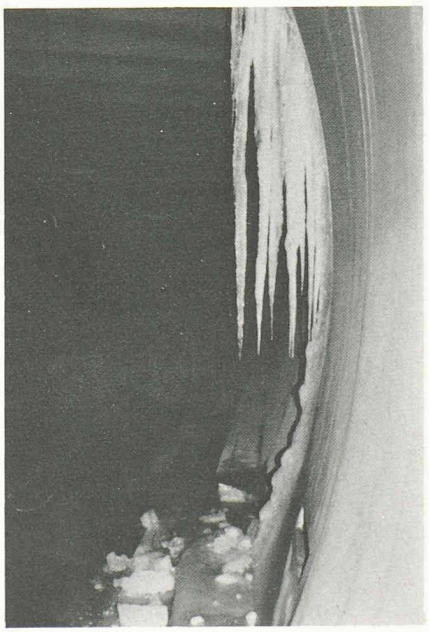

Fig. 1. – Formation de glace à la suite d'infiltrations d'eau à travers des joints et des fissures, par manque d'étanchéité.

1. *Revêtement en béton étanche*

La première méthode qui vient à l'esprit est celle qui consiste à revêtir la roche de béton étanche à l'eau. Toutefois, cette solution se révèle ne pas être économique dans les tunnels excavés en souterrain ; car son succès est lié à l'application de qualités de béton supérieures, combinée avec une armature en treillis. D'autre part, des fissures dans le béton ne sont jamais exclues, malgré l'armature. Cette méthode exige par conséquent que l'on soit conscient, dès le début, des problèmes d'étanchéité et de carbonatation qui risquent d'apparaître après coup.

2. *Etanchement au moyen d'un enduit intérieur*

L'application d'un enduit intérieur sur le revêtement de la roche constituerait en soi une méthode d'étanchement très économique. Pour être vraiment efficace, un tel enduit doit résister à l'entière poussée de l'eau, ponter toutes les fissures qui apparaissent après coup et, en plus, résister au vieillissement.

Les expériences faites jusqu'à ce jour avec divers enduits intérieurs dans des tunnels de routes nationales ont démontré que ce genre d'étanchement ne pouvait pas donner satisfaction à long terme.

3. *Joints de drainage dans le revêtement extérieur*

Ce genre d'étanchement des tunnels est également une méthode à la fois simple et avantageuse du point de vue des coûts. Elle ne se révèle cependant utile que quand l'eau ne peut pas sortir entre les joints ; or l'expérience montre que tel n'est généralement pas le cas. Des trous de drainage supplémentaires dans les joints ne sont pas la garantie absolue du plein succès de cette méthode.

4. *Revêtement rapporté en béton armé préfabriqué*

Les avantages de cette méthode d'étanchement résident dans la rapidité de sa réalisation et dans la surface lisse, relativement bien fermée, qui facilite le nettoyage du tunnel.

La méthode présente néanmoins aussi divers inconvénients :

a) la stabilité en cas de heurt par un véhicule n'est pas toujours assurée ;
b) les fixations sont attaquées par la corrosion, malgré l'emploi d'« acier inoxydable » ; d'où un facteur d'insécurité pour les usagers du tunnel ;
c) la couche de béton qui recouvre l'armature n'est pas toujours suffisante, d'où des problèmes dus à la carbonatation et aux attaques du sel ;
d) l'échange d'éléments défectueux est pénible ; la tenue d'un stock et l'élimination présentent certaines difficultés ;
e) l'étanchéité des nombreux joints n'est pas toujours garantie à long terme ;

Construction de tunnels dans le réseau des routes nationales.

Texte	*Nombre*		*1 tube en m*	*2 tubes* en m*	*Longueur totale des tubes en m*
	1 tube	*2 tubes*			
Projetés	19	5	35 764	7 410	50 584
Projet général établi	7	12	11 719	15 380	42 479
En construction	6	14	8 630	13 370	35 370
En service	70	56	55 049	43 028	141 105
TOTAL	102	87	111 162	79 188	269 538
	189				

*A multiplier par 2 pour le calcul de la longueur totale.

l'étanchement n'est de ce fait pas intégral;

f) dans les tunnels à faux-plafond, la zone de la calotte reste dépourvue d'étanchéité, avec toutes les conséquences négatives qui en découlent.

5. *Revêtement rapporté en métal ou autres matériaux*

Par rapport à un revêtement en béton préfabriqué, les revêtements en métal ou autres matériaux présentent généralement l'avantage d'être plus légers, ce qui facilite considérablement un remplacement éventuel et donc l'entretien. Le matériau peut être choisi ou traité de manière à assurer une meilleure luminosité dans le tunnel et à faciliter sensiblement le nettoyage.

A ces avantages vient s'ajouter le fait que ce genre de revêtement nécessite peu de place dans le profil intérieur et représente souvent l'unique type d'étanchement applicable après coup.

Le système souffre cependant aussi de quelques inconvénients:

a) le revêtement est relativement sensible aux chocs de véhicules;

b) toutes les parties métalliques (par exemple les fixations) sont exposées à la corrosion;

c) le prix au mètre carré est nettement supérieur à celui du béton préfabriqué;

d) le problème de l'étanchéité de la zone de la calotte n'est également pas résolu dans le cas des tunnels à faux-plafond.

Il faut en outre veiller à ce que le matériau choisi ne soit pas combustible et n'émette pas de vapeurs toxiques ou agressives en cas d'échauffement. En cas d'incendie, il ne doit pas dégager une forte fumée, ni se casser et tomber sur la chaussée.

Une variante des revêtements rapportés en métal ou autres matériaux consiste à placer une feuille mince à noppes sur la voûte portante ou la voûte intérieure, feuille qui est maintenue en place et recouverte par du béton projeté (avec une armature en treillis). Abstraction faite du prix, cette méthode supprime tous les inconvénients énumérés ci-dessus. Elle présente aussi l'avantage de ne nécessiter que peu de place. Par contre, elle requiert un traitement supplémentaire d'amélioration de la clarté et de la structure de la surface, traitement qui compense les inconvénients inhérents au béton projeté.

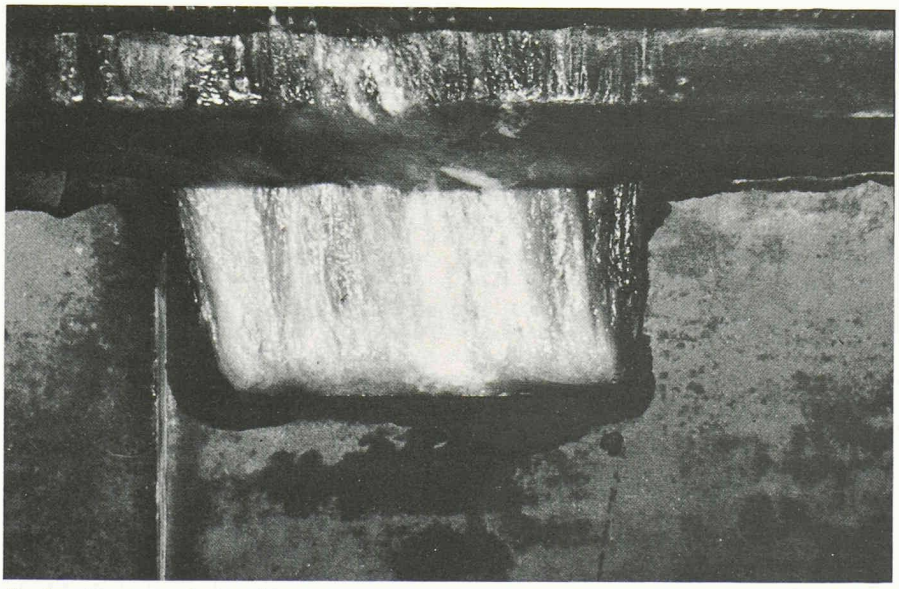

Fig. 2. — Formation de glace à la suite de venues d'eau dans les caniveaux d'alimentation en air frais, par manque d'étanchéité.

A cela vient s'ajouter que les feuilles minces à noppes doivent être soudées l'une à l'autre de manière étanche, afin que l'eau ne puisse pas s'écouler aux joints ou aux chevauchements et pénétrer dans la galerie de circulation à travers des fissures apparues après coup, ce qui entraînerait des problèmes d'encrassement, de formation de glace et de décomposition.

Une armature en treillis peut en outre occasionner des surprises désagréables dues à la carbonatation et à l'influence du sel.

6. *Feuille d'étanchement avec anneau d'appui en béton non armé*

Cette méthode ne présente aucun des inconvénients susmentionnés, ce qui fait que, de plus en plus, on la considère comme la meilleure solution pour étancher les galeries de circulation des tunnels routiers excavés en souterrain. C'est elle qui est, de ce fait, appliquée le plus fréquemment dans la construction des routes nationales suisses.

Il va de soi que même avec ce mode d'étanchement, le succès dépend de la qualité des matériaux et de l'exécution de la pose. C'est ainsi que les feuilles doivent être soudées de manière absolument continue et étanche et ne présenter aucune blessure au moment de l'application du béton. Elles doivent en outre présenter une grande longévité et pouvoir supporter d'éventuels mouvements et pressions de la roche sans se déchirer ni être percées. On trouve aujourd'hui sur le marché suisse des feuilles qui répondent dans une large mesure à ces exigences. Leur qualité ne cesse d'ailleurs d'être améliorée. Ce type d'étanchement est actuellement la méthode classique dans les tunnels excavés en souterrain. Les difficultés lors de l'application ou les échecs après coup ont jusqu'à présent été relativement rares.

Pour ce genre d'étanchement, comme pour les revêtements rapportés, une condition préalable importante du succès à long terme est que le drainage au pied de l'étanchement fonctionne toujours impeccablement. Si cette exigence n'est pas respectée (exécution ou entretien laissant à désirer, concrétions, etc.), l'eau peut s'écouler sous la feuille, traverser le béton de l'anneau porteur aux points faibles (joints, fissures, nids de gravier, etc.) et compromettre la capacité d'étanchement. Ces points négatifs ne peuvent évidemment apparaître que dans le cas d'étanchéités ne recouvrant pas tout le profil de la galerie; en Suisse, l'étanchement non intégral est toutefois plutôt la règle dans les tunnels routiers excavés en souterrain, ceux-ci n'étant que rarement situés dans la nappe phréatique.

Il est recommandé, en cas d'application de la méthode décrite, de poser une natte de drainage sur toute la surface (côté montagne) de l'étanchéité. Cette natte protège la feuille d'étanchéité tout en

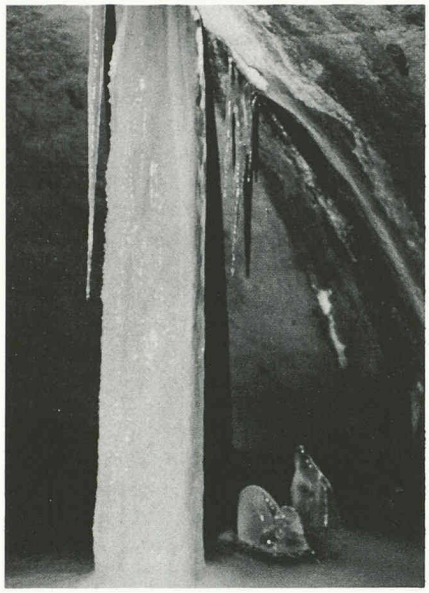

Fig. 3. — Formation de glace dans la calotte (canal d'air frais) et sur le faux plafond, par manque d'étanchéité.

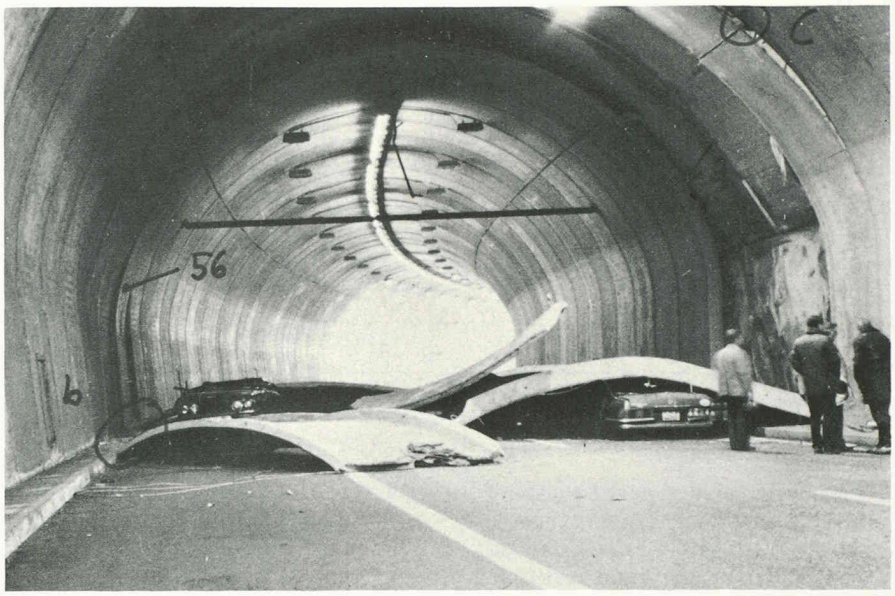

Fig. 4. — Perte de stabilité d'un revêtement rapporté en béton armé préfabriqué après l'impact d'une voiture. Il n'y a heureusement que des blessés légers. A la suite de cet accident, des mesures ont été prises pour prévenir de tels accidents dans les tunnels de routes nationales.

facilitant sa pose, également aux endroits très mouillés. En choisissant bien la natte, on offre à l'eau un cheminement vers le bas dans le drainage, cela même en cas de forte pression du massif survenant après coup et de compression lors du bétonnage de l'anneau d'appui. On a ainsi la certitude que d'éventuels points faibles dans la feuille d'étanchéité sont pontés. Le colmatage d'une natte de drainage adéquate, par concrétion, ne se produit qu'après une très longue période ou peut-être pas du tout.

Les matériaux utilisés dans des tunnels excavés en souterrain pour la natte de drainage ainsi que pour la feuille d'étanchéité ne doivent pas être spontanément inflammables ni dégager de grandes quantités de vapeurs toxiques ou de fumée en cas d'incendie. On risque sinon de mettre en danger des vies humaines durant les travaux de construction et de causer par négligence des dommages très coûteux à l'ouvrage.

En lieu et place de feuilles, on peut aussi projeter une chape d'étanchéité. Cela n'est cependant pas sans problèmes sur des surfaces mouillées. Aux endroits où apparaît de l'eau sous pression, des gonflements et des détachements peuvent se produire; ils proviennent du fait que l'anneau d'appui ne parvient normalement pas à déployer son action suffisamment vite.

Actuellement, on utilise partout, dans les récents tunnels routiers de notre pays, des feuilles de PVC comme élément d'étanchéité. Ce qui n'exclut pas l'application future de matériaux encore mieux adaptés, dès qu'ils seront offerts sur le marché.

Conclusions

Dans le cas de l'étanchement des tunnels, il faut ajouter, au vieux dicton «Tous les chemins mènent à Rome», «mais rares sont ceux qui mènent à un plein succès». Etant donné la très grande surface sur laquelle une étanchéité doit être posée, et même si le prix au mètre carré est modeste, c'est un travail qui entraîne toujours une dépense considérable. Il vaut donc la peine, ne serait-ce que pour des considérations financières, de vouer une très grande attention au choix de l'étanchement du tunnel. Là comme ailleurs, la solution à meilleur marché n'est pas nécessairement la plus économique à long terme. Au moment d'établir de nouveaux projets, et pour éviter de programmer dès le début des investissements erronés, pour éviter aussi les dommages qui surviennent après coup, avec leur cortège de conséquences pénibles, il faut pleinement tenir compte des expériences pratiques faites avec les différentes méthodes d'étanchement. Je tiens aussi à souligner que la construction souterraine est un métier rude, que l'on ne domine pas encore facilement et où il n'est pas indiqué, encore moins qu'ailleurs, de recourir à des méthodes d'étanchement posant des exigences trop élevées aux exécutants.

Cet article s'est jusqu'ici limité à expliquer pourquoi les étanchements contre les pénétrations d'eau dans une galerie de circulation sont pleinement justifiés. Je tiens à ajouter, pour terminer, que ces étanchements sont, par expérience, également indispensables dans d'autres parties d'un tunnel, telles que centrales, baies, niches, galeries transversales et puits. Toutes les méthodes présentées sont en principe également applicables à ces endroits-là; leur évaluation qualitative se fait par analogie de la même manière que pour les galeries de circulation des tunnels routiers excavés en souterrain.

Adresse de l'auteur:
Fred Ruckstuhl, ing. dipl. EPFZ
Office fédéral des routes
Département fédéral de l'intérieur
3003 Berne

Industrie et technique

Quoi de neuf à Bhopal?

En décembre 1984, 40 tonnes d'isocyanate de méthyle se sont échappées du réservoir N° 610 de l'usine Union Carbide India Ltd. à Bhopal. Bilan: 2500 morts et 30 000 à 40 000 blessés.

Au nom des victimes, l'Inde a demandé 3120 millions de dollars à la maison mère, aux Etats-Unis. Mais, selon *Chemical and Engineering News* du 15.12.1986, page 9, la catastrophe est due à «l'action délibérée d'un travailleur mécontent», un certain Mohan Lel Verma. L'Inde répond que l'usine aurait dû être construite de manière à prévoir de tels accidents.

Après deux ans d'enquête, le procès a commencé en avril 1987. Mais il pourrait bien durer longtemps. Chacune des deux parties demande que le jugement ait lieu et soit prononcé dans le pays de l'autre partie. L'affaire en est là. Dans l'intervalle, l'atmosphère se dégrade à Bhopal, où les victimes manifestent contre ce qu'elles appellent le «lobby Gouvernement-Union Carbide».

Nouvelles bouteilles plastiques

Depuis 1984, les boissons rafraîchissantes de type Coca-Cola ou Henniez sont vendues dans des bouteilles en polyéthylène-téréphtalate (PET), qui a une résistance aux chocs bien meilleure que le verre ou les métaux. La production de PET double en tonnage tous les 3 ans. Cette matière n'a qu'un seul désavantage: elle est relativement perméable au gaz carbonique. La conservation des boissons gazeuses est donc limitée. (*Chem. Eng. News*, 12.1.1987, p. 15.)